Festschrift

zur

Feier des fünfundzwanzigjährigen Bestehens

des

Pathologischen Instituts zu Berlin

Herrn Geheimen Medicinalrath, Professor

Dr. Rudolf Virchow

überreicht

von

Felix Hoppe-Seyler,
Professor in Straßburg.

Ueber die Einwirkung des Sauerstoffs auf Gährungen.

Straßburg,
Verlag von Karl J. Trübner.
1881.

Hochgeehrter Herr!

Fünfundzwanzig Jahre sind vergangen, seit Sie nach neuem umfassenden Plane den wissenschaftlichen Forschungen der Pathologie eine ergiebige Arbeitsstätte gegründet und in Ihren Vorträgen in klaren einheitlichen Grundzügen Ihre Cellularpathologie entwickelt haben, welche seitdem das Fundament der Pathologie geworden ist. Die deutsche Medicin hat die Pflicht, dieser für ihre Geschichte sehr bedeutungsvollen Thatsachen eingedenk zu bleiben.

Gestatten Sie mir, dem damals die Ehre zutheil ward, als Ihr Assistent an der reichhaltigen Belehrung, den ausgedehnten Forschungen und dem Ausbau der Einrichtungen theilzunehmen, Ihnen meine Glückwünsche darzubringen zu den großen Erfolgen, welche Ihre Schöpfungen der ganzen medicinischen Wissenschaft gebracht haben.

Indem ich diesen Glückwünschen nach altem akademischen Brauch eine kleine Arbeit, dieselbe Ihnen widmend, anfüge, vertraue ich darauf, daß auch der kleinste Fortschritt auf dem wissenschaftlich wichtigen Gebiete, auf dem sie vorzudringen sucht, Ihres Interesses gewiß sein darf.

Straßburg, 15. October 1881.

F. Hoppe-Seyler.

Ueber die Einwirkung des Sauerstoffs auf Gährungen.

Die sehr zahlreichen bis jetzt ausgeführten Untersuchungen über Gährungen, die sich nicht mit einer nur mikroskopischen Beobachtung der sie einleitenden niederen Organismen und ihrer Umwandlungen begnügt haben, sind theils unter Ausschluß der atmosphärischen Luft, theils bei mehr oder weniger an der Oberfläche der gährenden Flüssigkeit gestattetem Zutritt derselben unternommen, es fehlen dagegen noch Versuche, bei denen Sauerstoff überall in den gährenden Flüssigkeiten zugegen gewesen ist. Versuche in dieser letzteren Richtung unternommen haben mit Schwierigkeiten zu kämpfen, deren Art und Bedeutung nicht sofort ins Auge fallen. Von vorn herein scheint nichts einfacher als die Differenzen festzustellen hinsichtlich der Stoffe, welche in gährenden Flüssigkeiten bei Zutritt von atmosphärischer Luft entstehen, gegenüber denen, welche in anderen Portionen derselben Flüssigkeiten gebildet werden, nachdem dieselben durch einen Strom Wasserstoffgas oder Kohlensäure oder durch Evacuiren mittelst der Luftpumpe der Einwirkung des Sauerstoffs entzogen sind, aber bei diesem Vergleiche ist nicht allein die Sauerstoffeinwirkung eine verschiedene und schwer zu regulirende, sondern es erleiden auch die niederen Organismen, durch deren Bestandtheile die Gährungen hervorgerufen und unterhalten werden, Aenderungen

in ihrem Leben und ihrer Vermehrung. Entwickeln sich bei den Gährungen Gase, so halten diese, wie z. B. bei der Umwandlung von Zucker zu Alkohol und Kohlensäure durch Bierhefe, den Sauerstoff der Luft ab, auch wenn sie frei an der Luft in offenen Gefäßen stehen; selbst wenn eine reichliche Entwickelung von Gas, ein Aufsteigen von Bläschen und Schaumbildung, nicht stattfindet, vielmehr die Diffusion an der Berührungsfläche zwischen Luft und Flüssigkeit zur Entfernung der entwickelten Gase genügt, können Intensität des Gährungsprocesses an der Oberfläche oder Bildung von Häutchen oft sehr wirksame Hindernisse für tieferes Eindringen des Sauerstoffs werden.

Eine Einwirkung des Sauerstoffs auf alle Schichten der Flüssigkeit kann nur dann in genügender Stärke erfolgen, wenn die Diffusion desselben mit seinem Verbrauche überall gleichen Schritt hält. Die Größe der Diffusion ist abhängig vom Sauerstoffdruck und der Temperatur, die Quantität des Stoffumsatzes richtet sich dagegen nach der Menge des in jeder Schicht der Flüssigkeit vorhandenen Fermentes und der Höhe der Temperatur. Die unterste Schicht der Flüssigkeit wird nur dann Sauerstoff erhalten, wenn die Menge des von allen einzelnen über ihr stehenden Schichten in der Zeiteinheit verbrauchten Sauerstoffs kleiner ist als die Quantität des in gleicher Zeit zu ihr durch die überstehenden Schichten hindurch diffundirenden Sauerstoffs.

Hiernach läßt sich von vorn herein schließen, daß alles Uebrige gleichgesetzt, der Sauerstoff in eine ruhende gährende und dabei Sauerstoff verbrauchende Lösung um so tiefer eindringt, 1) je mehr man den Sauerstoffdruck in der Atmosphäre über ihr steigert, 2) je langsamer die Gährung selbst verläuft. Dies letztere wird bestimmt a) durch die Menge des vorhandenen Ferments, b) durch die Höhe der Temperatur.

Bei einer früheren Gelegenheit habe ich einen sehr einfachen Versuch beschrieben[1], durch welchen die Verhältnisse bezüglich der Bacterienfäulniß sich gut veranschaulichen lassen, der deshalb recht wohl als Vorlesungsversuch benutzt werden kann. Läßt man nämlich bei nicht zu niedriger Temperatur, 20° und darüber, etwas Blut gelöst enthaltendes Wasser in ganz damit gefüllten Cylindergläsern an der Luft stehen, so sind diese Flüssigkeitsportionen in einigen Stunden venös gefärbt und nur eine 1 bis 2 Mm. hohe Schicht an der Oberfläche enthält Oxyhämoglobin. Kühlt man dann durch Wasser mit Eisstückchen die Flüssigkeit in einem Cylinder ab, so sieht man allmälig die oxyhämoglobinhaltige Schicht weiter und weiter nach abwärts an Dicke zunehmen und kann es bald dahin bringen, daß diese sauerstoffhaltige Schicht 6 Cm. und noch mehr hoch wird. Diese Farbenänderung erfolgt bei Vermeidung jeder Bewegung der Flüssigkeit in engen Cylindergläsern nur durch Diffusion, nicht durch Ströme in der Flüssigkeit, denn wenn man Ströme ab- und aufwärts in der Flüssigkeit künstlich hervorruft, kann man mit dem Spectroscop ihre Breite, Tiefe und Richtung sehr wohl erkennen, soweit arterielle Flüssigkeitsportionen in venöse eingedrungen sind.

Hat man nun ferner bei mäßiger Temperatur die Grenze zwischen arteriell und venös gefärbter Flüssigkeitsschicht ermittelt, stellt das Spectroscop auf die unterste oxyhämoglobinhaltige Schicht fest ein und verringert dann den Luftdruck mit einer Quecksilberpumpenvorrichtung oder mittelst der Wasserluftpumpe um 10 bis 20 Cm. Quecksilberhöhe, so ist in sehr kurzer Zeit nur ein Absorptionsstreif im Spectroscop zu sehen. Die beiden Oxyhämoglobinstreifen kehren aber bald zurück, sowie man den atmosphärischen Luftdruck in der Luft über der Flüssigkeit

[1] Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. I, S. 129.

durch Zulassen von Luft wieder herstellt oder gar noch verstärkt.

An Stelle des Blutfarbstoffs kann man natürlich auch andere Farbstoffe, z. B. neutralen Indigcarmin, als Indicatoren der Grenze des Sauerstoffeintritts in der Flüssigkeit verwenden; ja sie verdienen den Vorzug, wenn man bestimmen will, in welcher Schicht die reducirende Wirkung der faulenden Flüssigkeit beginnt. Ihre Angabe kann mit der des Blutfarbstoffs nicht in der nämlichen Schicht, sondern stets nur tiefer unten auftreten.

Aus den beschriebenen Verhältnissen und der Ansammlung von Bacterien an der Oberfläche der faulenden Flüssigkeiten ist es ersichtlich, daß die Einwirkung vom Sauerstoff der Atmosphäre auf ruhig stehende faulende Flüssigkeiten nur eine ganz oberflächliche sein kann und daß die bei solchen Versuchen erhaltenen Zersetzungsproducte vielleicht einer wechselnden Einwirkung von Reduction und Oxydation ihre Entstehung verdanken können.

Um nun Sauerstoff in allen Schichten der Flüssigkeit während der ganzen Dauer eines Versuchs einwirken zu lassen, scheint es am einfachsten, Luft oder Sauerstoff dauernd hindurchzuleiten, alle Versuche aber, welche von Herrn Hamaleia und von mir in dieser Weise angestellt sind, haben ergeben, daß dies nicht ausführbar ist, weil die faulenden Lösungen beim Durchleiten von Gas so stark schäumen, daß selbst bei sehr großem Luftraume im Gefäße, in welchem die faulende Lösung sich befindet, der Schaum in die angefügten Apparate übergeht. Durch eine dünne Schicht Oel auf der wässerigen Flüssigkeit kann bekanntlich das Schäumen verhindert werden, aber das Oel wird bei der Fäulniß selbst zerlegt, liefert verschiedene Zersetzungsproducte und diese hindern das Schäumen nicht mehr.

Es lag hiernach der Gedanke nahe, die gährenden Flüssigkeiten in hinreichend geräumigen Flaschen in fortdauernder Bewegung zu erhalten, während entweder 1) mittelst eines Aspirators fortdauernd neue Portionen atmosphärischer Luft durch den Luftraum in den Flaschen gesogen oder 2) der verbrauchte Sauerstoff entsprechend der Druckabnahme im Luftraume der Flasche durch Sauerstoffgas aus einem mit Quecksilber abgesperrten Gasometer ersetzt und die gebildete CO_2 durch gleichfalls in Bewegung erhaltene concentrirte Kalilauge absorbirt würde.

Die bis jetzt von mir in dieser Richtung ausgeführten, allerdings noch nicht zahlreichen Versuche haben erwiesen, daß es auch hier manche Schwierigkeiten zu überwinden giebt, doch haben sie genügt, schon jetzt einige bestimmte Folgerungen zu sichern.

Die zu diesen Versuchen benutzten Apparate sind: 1) eine Flasche von ungefähr 2,5 Liter Capacität, verschlossen mit doppelt durchbohrtem Kautschukstopfen, in dessen Bohrungen beiderseits offene Glasröhren steckten, von denen die eine kurze im Halse der Flasche mündete, während die andere bis in die Nähe des Bodens der Flasche reichte. Ueber die äußern Enden dieser Glasröhren waren lange Kautschukschläuche von 3 Mm. Wandstärke und ohne Naht gezogen. Mit ihrer Längsaxe horizontal liegend, wurde die Flasche mit 4 Stangen von Messing zwischen 2 Scheiben von Messing befestigt, von denen die eine dem Boden der Flasche unmittelbar anlag, während die andere durchbrochene Scheibe noch 6 Cm. oberhalb der Mündung der Flasche lag. Jede dieser Metallscheiben trug nach außen in ihrem Mittelpunkte eine Stahlaxe und an derselben die dem Boden der Flasche anliegende Scheibe ein Zahnrad. Mit den Axen lag die Flasche, mit ihrem Gestell leicht horizontal drehbar, auf Messinglagern, die auf den gegenüberliegenden Rän-

dern eines viereckigen kupfernen Wasserbades befestigt waren. Das kupferne Wasserbad wird geschlossen mit halbcylindrisch gewölbtem kupfernen Deckel, in welchem zwei Tubuli angebracht sind, der eine für ein Thermometer zur Bestimmung der Temperatur im Wasserbade, der andere für die Glasröhren einer in das Wasserbad in einer Ecke eingesetzten, mit Wasser halb gefüllten Waschflasche. Die von der liegenden Flasche ausgehenden Kautschukschläuche waren durch die weiten Oeffnungen der obern Messingscheibe gesteckt, liefen am obern Ende des Deckels durch eine weite Oeffnung über eine cylindrische polirte Metallfläche und führten der eine zu der bezeichneten Waschflasche, der andere zum Aspirator. Beim Aufsaugen des Aspirators wurde Luft erst durch die Waschflasche, dann in die liegende Flasche und von da zum Aspirator getrieben.

Neben dieser, in der Beschreibung der Versuche unten als Einflaschenapparat bezeichneten Vorrichtung sind noch Apparate benutzt, die aus zwei liegenden Flaschen, jede von ungefähr einem halben Liter Capacität, zusammengesetzt und unten als Doppelflaschenapparate erwähnt werden. Diese Flaschen sind ebenso wie im Einflaschenapparat in ein Gestell von 2 Messingscheiben und 4 Messingstangen eingefügt, in der Weise, daß die eine einhalsige Flasche mit ihrem Boden der einen Messingscheibe anliegt, die andere nach zwei gegenüberliegenden Seiten mit Mündung versehene Flasche mittelst einer über 1 Cm. weiten, 8 Cm. langen, nach beiden Enden hin conischen offenen Glasröhre an der andern Flasche befestigt ist, sodaß diese Glasröhre in die Mündung der erstbezeichneten und mit dem andern Ende in eine Mündung der zweiten Flasche eingeschliffen und mit Cerat eingekittet wird. Die verbindende Röhre springt so weit in das Innere der Flaschen vor, daß bei der Drehung der liegenden Flaschen um ihre Axe kein Tropfen einer Flüssigkeit aus der einen Flasche in die andere gelangen kann.

In die andere Mündung der doppelhalsigen Flasche ist ein innen gleichfalls vorspringender Glasstopfen eingeschliffen, in dessen Axe ein offenes Glasröhrchen eingeschmolzen ist zur Verbindung des Apparates mittelst Kautschukschlauch mit einem Quecksilberventil und daran einem kleinen, mit Sauerstoff gefüllten, durch Quecksilber unten abgesperrten Gasometer. In die hintere einhalsige Flasche wurde die gährende Flüssigkeit, in die vordere zweihalsige bei mehreren Versuchen Kalilauge von 1,27 spec. Gew. zur Absorption der entwickelten CO_2 gebracht.

Werden die Apparate um ihre horizontal liegende Längsaxe gedreht, so fließt die Flüssigkeit in allen Flaschen über die Seitenwandungen derselben und bieten somit der über ihnen stehenden Luft eine sehr große Berührungsfläche dar.

Zur Bewegung dieser Apparate um ihre Axe nach der einen Seite und dann wieder nach der andern dient ein vorzüglicher Wassermotor von A. Schmid in Zürich, welchem durch Transmission, Winkel und Zahnräder vier von den obigen Apparaten gleichzeitig angefügt werden können. Der Motor macht gewöhnlich 50 bis 60 Umdrehungen in der Minute, welche Bewegung durch ein großes Rad auf $^1/_{10}$ der Geschwindigkeit verringert 5- bis 6malige Drehung der Apparate um ihre Axe hin und wieder zur andern Seite bewirkt. Die Geschwindigkeit läßt sich noch weiter verlangsamen und leicht auf mehr als das Doppelte beschleunigen. Die bei der Rotation hin und zurück sich um die Axe auf- und abwickelnden Kautschukschläuche werden bei Tag und Nacht anhaltenden mehrtägigen, auch wochenlangen Versuchen besonders an den Kanten der Zapfenlager, wenn sie auch abgerundet sind, allmälig zerstört. Einfetten derselben mit Oel oder Schweinefett macht sie schmierig und klebrig, dagegen hat sich häufiges Anfragen von gepulvertem Talk als guter Schutz gegen die Ver-

letzung erwiesen. Für den Doppelflaschenapparat hat sich das Hindurchführen des Schlauches durch die Axe selbst, die aus einer Röhre von Stahl construirt ist, als die beste Anordnung erwiesen, bei welcher der Kautschukschlauch nicht leidet.

Schilderung der angestellten Versuche.

I. Versuche mit Rohrzuckerlösung und Bierhefe.

Für die zwei angestellten Versuche diente Preßhefe, welche unmittelbar vor ihrer Verwendung frisch bezogen, schnell zweimal mit Wasser geschlämmt war und bei der microscopischen Untersuchung sich frei von erkennbaren andern niedern Organismen erwiesen hatte.

Am 9. Juli 1881, $12^1/_2$ Uhr, wurden 100 CC. wässriger Rohrzuckerlösung, enthaltend 15 Gr. Rohrzucker versetzt mit 1 CC. Hefebrei in die hintere, 100 CC. Kalilauge in die vordere Flasche eines Doppelflaschenapparates eingebracht und in Bewegung erhalten bis zum 13. Juli Mittags $12^1/_2$ Uhr. Das Kautschukrohr erhielt den Apparat während des Versuchs in Verbindung mit dem Queckſilberventil und Sauerstoffgasometer. Der Sauerstoffverbrauch wurde an der Theilung des Gasometers abgelesen.

Es wurden außerdem 100 CC. der gleichen Zuckerlösung mit 1 CC. Hefebrei versetzt, in einer Flasche die gleiche Zeit ruhig stehen gelassen und die entwickelte Kohlensäure durch ein in den verschließenden Kautschukstopfen gestecktes, doppelt umgebogenes Rohr in ein mit Queckſilber gefülltes, umgekehrt in Queckſilber gestelltes Glasrohr geleitet. In kurzer Zeit war bei der herrschenden hohen Temperatur (24 bis 29° C.) Gas in das Rohr übergetreten und am andern Morgen das Rohr bereits ganz mit Gas gefüllt, doch wurde das Ganze bis 13. Juli Mittags stehen gelassen.

Die im Doppelflaschenapparat in Bewegung erhaltene Gährungsmischung ergab am Ende des Versuchs keine bemerkbare Aenderung ihres Volumen. Das Volumen des Sauerstoffs im Gasometer hatte ungefähr 50 CC. abgenommen. Die Zusammensetzung der Gasmischung in den Flaschen selbst wurde nicht untersucht. Gleich nach Beendigung des Versuchs wurde die Gährungsmischung bis auf einige Tropfen, die zur microscopischen Untersuchung Verwendung fanden, der Destillation unterworfen, das stark saure Destillat mit Natriumcarbonat übersättigt und abermals destillirt. Es zeigten sich beim Beginne der Destillation keine ölig am Glase fließenden Tropfen im Kühlrohr; durch Jod und Kalilauge, ebenso durch Chromsäure wurde etwas Alkohol nachgewiesen, seine Quantität war aber sehr gering. Der Rohrzucker war völlig invertirt und das Gewicht des bei der Verdampfung des filtrirten Rückstandes in der Retorte bleibenden Syrups war noch etwas größer als das Gewicht des zum Versuche benutzten Rohrzuckers.

Die microscopische Untersuchung der Flüssigkeit ergab unveränderte Hefezellen, hier und da sprossentreibend, daneben aber sehr zahlreiche Micrococcen in Molecularbewegung, außerdem Pilzmycelien, meist mehrseitig sternförmig von einem Punkte ausstrahlend, die einzelnen wohlgegliederten Zellen aneinandergereiht, schmäler, aber länger als die Bierhefezellen.

Diesem Versuche, der nur zur vorläufigen Orientirung unternommen war, folgte dann eine zweite Versuchsreihe mit einer Mischung enthaltend im Liter Rohrzucker 100 Gr., saures weinsaures Ammoniak entsprechend 6 Gr. Weinsäure, saures phosphorsaures Kali 1 Gr., Bierhefeschlamm 5 CC. Von dieser ungeschüttelten Lösung wurden 3 Portionen abgemessen und zwar:

Portion I, 100 CC. im Doppelflaschenapparat, nebst 100 CC. Kalilauge in der im ersten Versuche beschriebenen Versuchs-

anordnung hergerichtet, wurde in Bewegung gesetzt 30. Juli Mittags 12 Uhr.

Portion II, 100 CC. gleichfalls im Doppelflaschenapparat, aber ohne Kalilauge, nach unvollständiger Füllung des Luftraums im Apparate mit Kohlensäure und Anfügung eines kleinen mit Kohlensäure gefüllten Gasometers, wurde in Bewegung gesetzt um dieselbe Zeit.

Portion III, 100 CC., wurde zu gleicher Zeit ruhend aufgestellt in einer Flasche, durch Kautschukstopfen geschlossen, in dessen Bohrung ein doppelt umgebogenes Glasrohr befestigt war, durch welches entwickeltes Gas unter Quecksilber in ein mit Quecksilber gefülltes Glasrohr eingeführt wurde.

Am 2. August 12 bis 1 Uhr wurden diese Versuche abgebrochen, die Quantitäten der Portionen zurückgemessen, Proben derselben microscopisch untersucht, von jeder Portion 70 CC. abgemessen, sofort destillirt, das Destillat mit Natriumcarbonat übersättigt, nochmals destillirt und die spec. Gewichte der gemessenen Destillate mit Geißler's Picnometer bestimmt. Im nichtflüchtigen Rückstande wurde mit Fehling's Lösung der Zuckergehalt titrirt. Von Portion I und II wurden je 28 CC. abgemessen und diese Proben in Flaschen, verschlossen durch Stopfen mit Gasleitungsrohr aufgestellt, das freie Ende des Gasleitungsrohrs unter mit Quecksilber gefülltem Absorptionsrohr. Beide Proben zeigten bald deutliche Kohlensäureentwickelung, die in den nächsten Tagen sich fortsetzte.

Die microscopische Untersuchung ergab am Ende der Versuche in Portion I neben scheinbar unveränderten viele doppeltcontourirte und stark granulirte Hefezellen, sehr zahlreiche recht kleine rundlich bis oval gestaltete, meist zu größern Gruppen zusammengedrängte Kügelchen. In Portion II fanden sich nur Hefezellen, keine kleinen Kügelchen, in Portion III nur einfachcontourirte Hefezellen meist ohne Granulirung. Das Destillat

von Portion I reagirte stark sauer, das von Portion II schwach sauer, das von III kaum sauer.

10 gr Rohrzucker in 100 CC. der ursprünglich für die Versuche benutzten Lösung entsprechen 10,5 gr durch Inversion gebildeten Trauben-Fruchtzuckers. Der Gehalt an Zucker und an Alkohol in den bezeichneten Portionen betrug am Ende der Versuche für 100 CC. Flüssigkeit:

	Zucker	Alkohol
in Portion I	7,14 Gr.	0,492 Gr.
„ „ II	4,76 „	1,008 „
„ „ III	2,60 „	2,314 „ .

Bei Portion II und III wurde sehr reichliche CO_2production constatirt, Portion I verbrauchte 30 bis 40 CC. Sauerstoff während der Versuchsdauer aus dem Sauerstoffgasometer.

Es ergiebt sich aus diesen Versuchen, daß die Einwirkung der Hefe auf den Zucker am stärksten in der Ruhe erfolgt, daß bei überschüssig vorhandenem Sauerstoff die geringste Zuckerzersetzung, zugleich die stärkste Bildung von flüchtiger Säure erfolgt und am wenigsten Alkohol gefunden wird. Die Wirkung der Hefe wird hier begleitet und vielleicht geschädigt durch die Einwirkung von Micrococcen, welche wahrscheinlich Essigbildung veranlassen. In Portion II war der atmosphärische Sauerstoff nicht vollständig entfernt. In wie weit nach völliger Wegnahme des Sauerstoffs die Bewegungen von Einfluß auf die Einwirkung der Hefe auf den Zucker ist, müssen weitere Versuche entscheiden.

II. Versuche mit defibrinirtem Blut.

Am 21. Juli Mittags 12½ Uhr wurden von ganz frischem defibrinirten Rindsblut nach Coliren durch Leinwand Portionen entnommen und zwar:

Portion I zu 200 CC. in den Einflaschenapparat gebracht

und unter langsamem Durchsaugen von atmosphärischer, mit Wasserdampf gesättigter Luft mittelst des Aspirators in Bewegung erhalten.

Portion II zu 100 CC. im Doppelflaschenapparat in der hintern, 100 CC. Kalilauge in der vorderen Flasche, bei angefügtem Queckſilberventil und kleinem Sauerstoffgasometer in Bewegung erhalten.

Portion III ruhig im Becherglase locker bedeckt stehen gelassen. Temperatur 26 bis 29°.

In der Nacht vom 21. auf 22. Juli trat für einen nicht bekannten Zeitraum Stillstand der Apparate ein durch Bruch eines Häkchens der Schnur der Transmission. Als am Morgen dieser Zufall entdeckt wurde, waren Portion I und II noch deutlich arteriell gefärbt; es konnte also Mangel an Sauerstoff noch nicht eingetreten sein. Sofort wurden die Apparate wieder in Bewegung gesetzt und in derselben erhalten bis 25. Juli Nachmittags, Portion I bis 3 Uhr, Portion II bis 5 Uhr, dann die Versuche abgebrochen.

Portion I ergab sich am Ende des Versuchs als eine dunkelbraune, dickliche, aber durchsichtige Flüssigkeit ohne Flocken. Der Methämoglobinstreifen im Roth war bei der spectroscopischen Untersuchung nicht zu entdecken, aber zwei schwache, denen des Oxyhämoglobins ähnliche, wahrscheinlich dem Methämoglobin zugehörige Streifen. Die Reaction war stark alkalisch, der Geruch der Flüssigkeit eigenthümlich scharf und unangenehm, wie man ihn oft an faulem Blute findet, die sehr wesentliche Betheiligung von Ammoniak an diesem Geruche sogleich zu erkennen. Bei der microscopischen Untersuchung fanden sich in der Flüssigkeit zunächst keine Bacterien, dagegen zahlreiche Haufen von dichtgedrängten sehr kleinen, aber gleichgroßen Körnchen in ruhendem Zustande, außerdem

einzelne stark contourirte größere glattrunde Kugeln von unbekanntem Character.

Die chemische Untersuchung ergab in der Flüssigkeit das Vorhandensein von Methämoglobin, Leucin, Tyrosin, Hydroparacumarsäure oder Phenyloxyessigsäure (Rothfärbung der wässrigen Lösung der durch Bleiacetat gefällten, in Aether löslichen Säuren durch Millon's Reagens), keine deutliche Reaction auf Indol im Destillat. Aus 100 CC. der Flüssigkeit, mit Alkohol gefällt, wurde aus dem alkoholischen Destillat beim Abdampfen mit Salzsäure 1,3914 Gr. NH_4Cl gewonnen.

Portion II enthielt venösen Blutfarbstoff, spectroscopisch nachweisbar; es war also trotz dem mehr als 100 CC. betragenden Verbrauch an Sauerstoff aus dem kleinen Gasometer die Diffusion im Gasraume des Apparates ungenügend gewesen, um Sauerstoff entsprechend dem Verbrauche in die hintere Flasche zum Blute zu führen. Bei der microscopischen Untersuchung fanden sich in der Flüssigkeit dieselben Formen niederer Organismen wie in Portion I. Chemisch wurde diese Portion nicht weiter untersucht.

Das in Portion III ruhig gestandene defibrinirte Blut zeigte dunkel venöse Farbe bei völliger Lösung der Blutkörperchen und intensiven Fäulnißgeruch. An der Oberfläche befand sich eine schleimige fadenziehende Haut, die aus zart contourirten langen Bacterienfäden bestand, deren Bewegungen sehr lebhaft während der microscopischen Untersuchung stattfand.

Von diesem in der Ruhe gefaulten Blute wurden 100 CC. im Einflaschenapparat vom 25. Juli Nachmittags 6 Uhr bis 27. Juli Vormittags 11 Uhr bei langsamer Durchleitung von Luft durch die Flaschen mittelst des Aspirators in Bewegung erhalten. Am Ende dieses Versuchs roch die Flüssigkeit weniger faulig, enthielt noch Oxyhämoglobin und lebhaft sich bewegende Bacterienfäden in großer Zahl, neben gleichfalls zahlreichen,

dicht zu weißlichen Haufen zusammengedrängten, sehr kleinen kugeligen Körperchen. Die Bacterienfäden waren in weitaus der überwiegenden Mehrzahl sehr kurze Stäbchen, viel kürzer als die am 25. Juli in den Einflaschenapparat eingebrachten.

III. Versuche mit kalt bereitetem Wasserauszug aus dem Fleische eben getödteter Kaninchen.

Die für diese Versuche benutzte Fleischlösung wurde aus den Muskeln verbluteter Thiere dargestellt, die sofort nach dem Tode zerhackt und mit kaltem Wasser ungefähr $^1/_2$ bis $^3/_4$ Stunde lang behandelt waren. Die colirte trübe Flüssigkeit wurde sogleich in die einzelnen Portionen getheilt und die Versuche unmittelbar darauf begonnen am 14. Juli Mittags $12^1/_2$ Uhr.

Portion I zu 100 CC. wurde im hintern Gefäß eines Doppelflaschenapparates, mit 100 CC. Kalilauge in der vordern Flasche, in Bewegung erhalten, nachdem die atmosphärische Luft im Apparat größtentheils durch Sauerstoff ersetzt und die Mündung der vordern Flasche mit einem kleinen Quecksilberventil und Sauerstoffgasometer in Verbindung gesetzt war.

Portion II, 100 CC. gleichfalls in der hintern Flasche eines Doppelflaschenapparates, ohne Kalilauge in der vordern Flasche, nach Austreibung des größten Theils der atmosphärischen Luft durch Kohlensäure und in Verbindung mit einem kleinen Kohlensäure enthaltenden Gasometer in Bewegung erhalten.

Portion III, 100 CC. ruhend im Becherglase mit Papier bedeckt stehen gelassen.

Portion IV zu 100 CC. im Kolben ruhend stehen gelassen. Der Hals des Kolbens war zu einem engen doppeltumgebogenen Glasrohr ausgezogen, welches unter Quecksilber mündete.

Der Versuch wurde am 18. Juli Nachmittags 5½ Uhr beendet.

Die Flüssigkeitsportion I zeigte am Ende des Versuchs starke Trübung und röthlichgelbe Farbe, reichlichen Niederschlag von PO_4 Mg NH_4 in gut ausgebildeten Krystallen, viele Flocken und die ganze Flüssigkeit durchsetzt von Bacterien der verschiedensten Größe, alle in lebhafter Bewegung. Besonders auffallend ist eine nicht geringe Zahl von kräftig sich bewegenden langen Bacterienfäden mit zweikugeligen Anschwellungen, welche entweder an beiden Enden oder näher der Mitte des Fadens in der Weise angefügt sind, daß sie gleich weit von der Mitte des Fadens entfernt, ihren Mittelpunkt in der Axe des Fadens haben. Die Zahl der kürzern Bacterien ist jedoch weit vorherrschend, ihre Bewegungen lebhaft. Daneben finden sich zahlreiche Micrococcen und einzelne kurzarmige Pilzmycelien. Der Sauerstoffverbrauch durch diese Portionen betrug nach Ablesung am Gasometer nur 25 bis 30 CC.

Portion II zeigt zähe Häute, an den Wandungen festere flockige Niederschläge, keine sich bewegenden, aber einige ruhende Bacterienfäden, deutlich saure Reaction. Die Flüssigkeit hatte keinen besonders characteristischen Geruch.

Portion III enthielt in der filzigen Haut an der Oberfläche die gewöhnlichen zahllosen Bacterien lebhaft sich bewegend, keine langen Bacterienfäden und nicht die oben beschriebenen Kugeln an Bacterienfäden.

Abgemessene Mengen dieser Flüssigkeiten wurden mit Alkohol im Ueberschusse versetzt, filtrirt, der Niederschlag mit absolutem Alkohol, dann mit kochendem Wasser gewaschen. Aus den zum Syrup abgedampften Filtraten werden die in Alkohol löslichen Stoffe gesondert von den nur in Wasser löslichen bestimmt und für 100 CC. Flüssigkeit gefunden:

	Ursprüngliche Fleischlösung	Portion I.	Portion II.	Portion III.
Albuminstoffe und andere ungelöste Bestandtheile. . .	1,0698 Gr.	0,7871 Gr.	0,9471 Gr.	0,6339 Gr.
Alkoholauszug	0,1685 „	0,2081 „	0,4255 „	0,3585 „
Wasserauszug	0,7700 „	0,4478 „	0,4047 „	0,3176 „
Feste Bestandtheile	2,0083 Gr.	1,4431 Gr.	1,7773 Gr.	1,3110 Gr.
Summe der Extractstoffe .	0,9385 „	0,6560 „	0,8302 „	0,6761 „

Ein zweiter Versuch mit ebensolchem kaltbereiteten Wasserauszug aus frischen Kaninchenmuskeln wurde begonnen am 2. August Mittags.

Portion I zu 50 CC. in einem Einflaschenapparate in Bewegung erhalten, während mittelst Aspirators ein etwas beschleunigter Luftstrom durch den Luftraum der Flasche geführt wurde. Die Bewegung 2. August 12 Uhr begonnen, wurde bis 5. August 5¼ Uhr fortgesetzt.

Portion II zu 25 CC. im Doppelflaschenapparat mit 100 CC. Kalilauge in der vordern Flasche mit angefügtem Quecksilberventil und kleinem Sauerstoffgasometer. Die Bewegung begonnen am 2. August 1 Uhr Mittags, wurde fortgesetzt bis 5. August 1 Uhr Mittags. Während dieser Zeit wurde mehrmals an jedem Tage durch Wasserluftpumpe der Raum des Doppelflaschenapparates theilweise evacuirt und sofort wieder reines Sauerstoffgas bis zum Atmosphärendruck zugelassen.

Bei der Beendigung dieser Versuche war trotz der Sättigung der im Einflaschenapparat durchgeleiteten Luft mit Wasserdampf für die Temperatur der Umgebung (22 bis 27° C.) vor dem Eintritt in die Flasche das Volumen der gährenden Flüssigkeit in Portion I auf 45 CC. vermindert. Portion II gab 24 CC. Portion I zeigte alkalische, Portion II neutrale Reaction, der Geruch beider Flüssigkeiten deutlich nach Ammoniak, aber ohne faulige Beimischung.

Beide Flüssigkeiten waren wie Lehmwasser trübe. Bei der microscopischen Untersuchung fanden sich unzählige Körnchen und kurze Bacterienstäbchen in lebhafter Molecularbewegung, zum Theil auch weitere Reisen unternehmend. Mittellange Bacterienstäbchen sind seltener und stets ruhend, lange fehlen gänzlich. Die bei weitem zahlreichsten Bacterien sind 2- bis 3mal so lang als dick. Außerdem fanden sich auch zahlreich einzelne farblose Zellen in der Größe rother Blutkörperchen, einfach contourirt, mit oder ohne sichtbaren Kern. Einzelne dichtgedrängte Haufen von Micrococcen ruhend. In beiden Portionen ist weder Indol noch Buttersäure nachweisbar, beide dagegen in dem ruhend im nur mit Papier bedeckten Becherglase dieselbe Zeit gestandenen Reste der Fleischlösung.

IV. Versuche mit kalt bereitetem Wasserauszug aus Pancreas vom kurz zuvor geschlachteten Rind, mit Fibrin kurze Zeit behandelt.

Am 27. Juli wurde rein auspräparirtes Rindspancreas fein zerhackt mit gleichfalls fein zerhacktem frischen Blutfibrin gemischt, Wasser unter fortdauerndem Umrühren aufgegossen, dann abgegossen, der Rückstand ausgepreßt, von neuem mit Wasser angerührt, unter häufigem Umrühren bei 27° eine Stunde stehengelassen, darauf colirt und der Rückstand ausgepreßt. Von dieser trüben, etwas Blutfarbstoff enthaltenden Flüssigkeit wurden einzelne Portionen abgemessen.

Portion I zu 200 CC. in den Einflaschenapparat gebracht Mittags 12 Uhr 40 Min., sofort in Bewegung gesetzt, mit Feuchtigkeit gesättigte atmosphärische Luft im langsamen Strome mittelst Aspirators durch die Flasche geleitet.

Portion II zu 100 CC. in die hintere Flasche eines Doppelflaschenapparates gebracht, in die vordere Flasche 100

CC. Kalilauge. Die vordere Flasche blieb mit der einen Mündung von 12 Mm Durchmesser gegen die Atmosphäre offen. Diese Portion wurde mit Portion I gleichzeitig in Bewegung gesetzt.

Portion III, 100 CC. im Becherglase wurde sofort mit dem vierfachen Volumen Alkohol gefällt.

Portion IV, 100 CC. im Becherglase, lose mit Glasplatte bedeckt, ruhig stehen gelassen.

Portion V, 100 CC. im Glaskolben von 200 CC. Capacität stehen gelassen, nachdem der Hals zu einem feinen doppelt umgebogenen Rohr ausgezogen war. Die Mündung des Glasrohrs wurde unter Quecksilber gebracht und ein mit Quecksilber gefülltes Absorptionsrohr darüber gestülpt.

Die Portionen III, IV und V wurden am 27. Juli Nachmittags 3 Uhr aufgestellt.

Am 28. Juli Morgens hatte Portion II bereits eine dunkelbraune Farbe von zersetztem Blutfarbstoff angenommen, Portion IV und V waren chocoladeähnlich gefärbt.

Am 29. Juli 11 Uhr wurde Portion I wieder gemessen und 194 CC. gefunden. Die Hälfte davon wurde in den Apparat sogleich zurückgegossen und unter etwas verstärkter Luftdurchleitung bis zum 1. August Mittags 12 Uhr in Bewegung erhalten, während die andere Hälfte zur microscopischen und chemischen Untersuchung verwendet wurde.

Am 30. Juli 11 Uhr Morgens wurde Portion II abgenommen und untersucht.

Portion IV und V wurden am 1. August Mittags mit dem vierfachen Volumen starken Alkohol gemischt und ihre Untersuchung begonnen.

Am Ende der einzelnen Versuche zeigte Portion I am 29. Juli neutrale, die weiterhin bewegte Hälfte derselben am 1. August sehr schwach saure Reaction. Die letztere am Ende

des Versuchs zurückgemessen betrug 100 CC., hatte also nicht wenig zugenommen.

Die microscopische Untersuchung ergab in Portion I am 29. Juli 11 Uhr reichliche, meist sehr lange Bacterien in lebhafter Bewegung, gewöhnlich in Schlangenwindungen. Eine Gliederung der Bacterienstäbchen ist nur sehr undeutlich zu erkennen. Daneben erscheinen viele einzelne sehr kleine runde Körperchen, oft zu großen weißlichen regungslosen Haufen zusammengefügt. Die Flüssigkeit hatte einen deutlichen, aber nicht intensiven fauligen Geruch. Die zugleich vorgenommene Untersuchung einer Probe von Portion IV ergab in der gallertigen Haut, welche die Flüssigkeit der Oberfläche überzog, meist sehr kurze, ziemlich gleichlange Bacterienstäbchen in lebhafter Bewegung, einzelne Haufen von anscheinend den gleichen kurzen Bacterien ruhend, auch einzelne längere, aber ruhende Bacterienfäden.

In der Portion II, welche beim Ende des Versuchs sehr übeln Fäulnißgeruch hatte, fanden sich sehr zahlreiche, sich bewegende Bacterienfäden von mittlerer Länge der Stäbchen, sehr viele kurze Bacterien daneben, auch lebhaft sich bewegend. Die größten Stäbchen hatten wenig Bewegung. Zahlreiche sehr kleine kugelige Körperchen finden sich gleichzeitig in der Flüssigkeit.

In der bis zum 1. August in Bewegung erhaltenen zweiten Hälfte der Portion I fanden sich am Ende des Versuchs hauptsächlich lebhaft sich bewegende Micrococcen, außerdem wenig bewegliche kurze Bacterien, mäßig zahlreiche, sehr ruhig liegende längere Stäbchen und endlich ziemlich zahlreich einzelne und in Haufen (4 bis 50 Stück) zusammenliegende, 2 bis 3 Micromillimeter im Durchmesser haltende, etwas granulirte Zellen, die sich beim ruhigen Liegen unter dem Deckglase auf dem Objectträger in einer halben Stunde bis 5

Micromillimeter vergrößerten. Auch Haufen ruhender kleiner Körnchen (Micrococcen) fanden sich nicht sparsam. Der Geruch dieser Portion war sehr deutlich ammoniakalisch, aber kaum fanlig.

Die chemische Untersuchung ergab in der ersten Hälfte der Portion I deutlich Indolgehalt, am Ende des Versuchs in der zweiten Hälfte dagegen kaum erkennbare Indolreaction, keine salpetrige Säure. Abgemessene Theile der bezeichneten Portionen mit überschüssigem Alkohol gefällt ergaben bei der Untersuchung folgende Zusammensetzung der Portionen für 100 CC. Flüssigkeit berechnet.

	Portion III ursprüngliche Flüssigkeit	Portion I 1. Hälfte	Portion I 2. Hälfte	Portion II	Portion IV	Portion V
Albuminstoffe und andere unlösliche Bestandtheile	0,4425 Gr	0,3941 Gr	0,2284 Gr	0,2933 Gr	0,1847 Gr	0,1450 Gr
Alkoholauszug	0,2230 „	0,1880 „	0,0980 „	0,2623 „	0,5790 „	0,6190 „
Wasserauszug	1,1934 „	0,3274 „	0,3008 „	0,2617 „	0,3004 „	0,6506 „
Feste Stoffe	1,8589 „	0,9095 „	0,6272 „	0,8173 „	1,0641 „	1,4146 „
Extractstoffe	1,4164 „	0,5154 „	0,3988 „	0,5240 „	0,8794 „	1,2696 „
Ammoniak (als Carbonat in der Flüssigkeit)	nicht bestimmt	0,0760 „	0,08395 „	0,05606 „	0,1021 „	0,0636 „

Beurtheilung der Ergebnisse dieser Versuche.

Obwohl den geschilderten Versuchen bereits mehrere andere hier nicht erwähnte Vorversuche vorausgegangen waren und das Verfahren selbst beim Beginn der geschilderten Versuchsreihen hinreichend geübt schien, konnte man doch nicht hoffen, unter den hier in Frage kommenden complicirten Verhältnissen durch so wenig zahlreiche und nicht sehr mannigfaltige Versuche sichere Entscheidung zu erhalten über die Beziehungen des Sauerstoffs zur Entwickelung der niedern Organismen und der Einwirkung ihrer Fermente. Es sind diese Versuche nur zur Orientirung auf einem bisher noch unerforschten Gebiete unternommen und können vorläufig genügen, wenn sie in grö-

bern Umrissen die obwaltenden Verhältnisse kennen lehren und Andeutungen für eingehendere Untersuchungen gewähren.

Ein Resultat, welches aus allen beschriebenen Versuchen hervorgeht, ist die Beobachtung, daß die hier in Anwendung gezogene ruhig fließende Bewegung die niederen Organismen, deren Einwirkung in Betracht kommt, nicht tödtet. Es steht dies Resultat nicht im Widerspruch mit den Erfahrungen von Horvath und ist von Bedeutung, weil die Anwendbarkeit des beschriebenen Verfahrens für die Erforschung der Verwesungsprocesse (in Liebig's Sinne, Fäulniß bei Gegenwart von Sauerstoff) hierdurch gesichert ist. Die massenhafte Entwickelung lebhaft sich bewegender Bacterien in Flüssigkeiten, welche 72 — 100 Stunden bei Temperaturen von 22° bis 29° in ununterbrochener Bewegung erhalten sind, ergiebt, daß die Bewegung an sich, mag sie vielleicht modificirend auf die Art der Entwickelung dieser Organismen einwirken (es ist dies sehr wahrscheinlich, aber sichere Entscheidung noch nicht möglich), eine reichliche Entwickelung dieser Fermentproducenten und Fermentträger zuläßt.

Hinsichtlich der Einwirkung des Sauerstoffs ist zunächst aus allen Versuchen ersichtlich, daß bei seiner Anwesenheit stets reichlich Micrococcen, theils einzeln theils zu großen Haufen zusammengedrängt, entstehen. Sie bilden sich bei sehr entschieden saurer Reaction (zweiter Versuch mit Hefe und Rohrzucker, saurem Ammoniumtartrat und saurem Kaliumphosphat), welche Bacterien nicht zuläßt, und ebenso bei sehr reichlicher Bildung von Ammoniumcarbonat (Versuche mit defibrinirtem Blute). Allerdings ist von characteristischen Formen an ihnen nichts zu finden und deshalb sehr fraglich, ob diese Kügelchen in allen Versuchen, in denen sie beobachtet wurden, derselben Art zugehören und die gleichen Fermentwirkungen entfalten.

Es ergiebt sich weiterhin, daß auch bei sehr reichlichem Vorhandensein von atmosphärischem Sauerstoff starke Entwickelung von Bacterien erfolgen kann. Die Flüssigkeiten, welche während der Bewegung am reichlichsten mit Sauerstoff versorgt wurden, sind die Portionen I und II in der zweiten Versuchsreihe mit Wasserauszug von Kaninchenfleisch und die zweite Hälfte der Portion I in der Versuchsreihe mit Pancreasauszug. Besonders in dem Fleischauszug waren die Bacterien sehr zahlreich und in lebhafter Bewegung.

Sowohl mit Bierhefe und Zuckerlösung als auch mit Bacterien und Eiweißlösung sind weitere Versuche, auch länger durchgeführte, anzustellen, aber schon jetzt zeigt sich ein sehr erheblicher Unterschied im Verhalten der Bierhefe und ihrer Fermententwickelung gegenüber den Bacterien und Micrococcen, der wahrscheinlich bei weiterer Prüfung anderer niederer Organismen zu einer entschiedenen Spaltung derselben in zwei verschiedene Classen führen wird. In beiden mit Hefe angestellten Versuchen zeigt sich die Umwandlung von Zucker zu Alkohol und Kohlensäure durch Einwirkung von Sauerstoff auf ein Minimum herabgesetzt, vielleicht ganz aufgehoben, ohne daß die Hefe selbst hierdurch alsbald getödtet ist; dagegen zeigen die Versuche mit Eiweißlösungen, besonders mit Pancreasauszug, daß die Umsetzung eine um so stärkere ist, je mehr eine Einwirkung von Sauerstoff stattfindet. Der Procentgehalt an festen Bestandtheilen wird hier am wenigsten erniedrigt in gleicher Zeit bei Ausschluß des Sauerstoffs, ebenso der Gehalt an Extractstoffen. Beide nehmen mehr ab, wenn der Sauerstoff nur oberflächlich einwirkt, am stärksten ist die Abnahme in der zweiten Hälfte der Portion I, wo die stärkste Sauerstoffzufuhr stattgefunden hat.

Es ist durch zahlreiche Versuche festgestellt, daß durch Fer-

ment der Bacterien auch bei Ausschluß von Sauerstoff nicht allein eine Spaltung der Eiweißstoffe zu Pepton, Leucin, Tyrosin, Ammoniak, Kohlensäure, sondern auch die Bildung von Wasserstoff und Reductionsproducten, wie Schwefelwasserstoff, Indol, Hydroparacumarsäure erfolgt. Diese Reductionsproducte entstehen nicht nachweisbar, wenn Sauerstoff im Ueberschusse stets in allen Theilen der Flüssigkeit vorhanden ist, vielmehr zeigt sich, daß, wenn sie bereits gebildet waren bei geringerem Zutritt von Sauerstoff, die weitere Verwesung mit Ueberschuß von Sauerstoff sie zerstört. Dem entsprechend nimmt der Procentgehalt an in Alkohol löslichen Stoffen sehr erheblich ab, wie dies die zweite Hälfte der Portion I des Pancreasauszugs deutlich erkennen läßt.

Wird der Zutritt von Luft nur an der Oberfläche der ruhenden Flüssigkeit gestattet, so entwickelt sich eine viel größere Zahl von Bacterien als im geschlossenen Kolben, es bilden sich reichlicher obige Reductionsproducte in den unteren sauerstofffreien Flüssigkeitsschichten. Die Entwickelung der Bacterien, noch mehr der Micrococcen ist abhängig von der Sauerstoffzufuhr, dagegen ist ihre Fermentbildung nicht erkennbar abhängig von derselben. Eine Identificirung der letztern mit dem Leben der Bacterien ist eine Unmöglichkeit, da es zum Leben der Organismen gehört, daß sie Bestandtheile wie Eiweißstoffe, Fette, Lecithin bilden, Stoffe, welche als Anhydride angesehen werden müssen und welche durch die Fermente der Bacterien nachweisbar ebenso wie durch Pancreasfermente gespalten werden. Die Fermentwirkungen der Bacterien gehen aber weiter als diejenigen des Pancreas, denn aus Zucker, Glycerin, Milchsäure entsteht Wasserstoff neben Buttersäure und andern fetten Säuren, aus Eiweißstoffen bilden sich die oben bezeichneten und andere Reductionsproducte. Ist jedoch Sauerstoff im Ueberschusse zugegen, so gelangen die Stoffe, welche durch die Fermentwirkung

der Bacterien bei ungenügendem Zutritt von Sauerstoff entstehen, nicht zur Beobachtung, vielmehr sind die einzigen nachweisbaren Zersetzungsproducte Kohlensäure und Ammoniak, zugleich nimmt die Quantität der nicht flüchtigen Bestandtheile schnell ab. Zum Verständniß dieser Sauerstoffwirkung hat man nicht die Annahme geheimnißvoller Lebenskräfte der Bacterien und Micrococcen nöthig, seit es feststeht, daß die Bildung von Wasserstoff, welche der Entstehung aller Reductionsproducte, um die es sich hier handeln kann, zu Grunde liegt, vorhandenen indifferenten Sauerstoff zum Theil zur eigenen Oxydation verwendet, hierdurch zugleich den andern gleichen Theil in energisch direct oxydirenden Sauerstoff, kräftiger wirkend als Ozon, verwandelt.

Das schließliche Resultat der Einwirkung von überschüssigem Sauerstoff auf den Vorgang der Bacteriengährung ist sonach kurz zusammengefaßt: reichliche Ausbildung von Bacterien und Micrococcen, hierdurch Beschleunigung der Gährung durch massenhafte Fermentbildung und Umwandlung der durch die Gährung zerfallenden organischen Substanzen durch energische Oxydation zu Kohlensäure, Wasser und Ammoniak. Ohne Zweifel wird schließlich auch das Ammoniak in salpetrigsaures und salpetersaures Salz umgewandelt, aber erst nachdem alle leichter oxydirbaren Substanzen bereits oxydirt sind. Bekanntlich findet die Salpeterbildung erst am Ende der Fäulnißverwandlungen statt.

Die oben geschilderten Versuche lassen erkennen, daß zur genügenden Sauerstoffzufuhr bei der Bacteriengährung in den verwendeten Apparaten die Diffusion nicht ausreichte, wenn die Lufterneuerung im Einflaschenapparat langsam erfolgte und das Volumen der gährenden Flüssigkeit nicht ziemlich klein genommen wurde, daß ferner im Doppelflaschenapparat derselbe Mangel an Sauerstoff sich einstellte, wenn die Menge der

gährenden Flüssigkeit nicht gering war und wenn nicht eine häufige neue Zufuhr von Sauerstoff in dem Luftraume über der Flüssigkeit vorgenommen wurde. Es wird deshalb für spätere Versuche die Luft im Luftraume dieses Apparates selbst in Bewegung erhalten werden müssen, um den aus dem Sauerstoffgasometer hinzutretenden Sauerstoff schnell genug gleichmäßig zu vertheilen. Diese Aufgabe wird voraussichtlich leicht gelöst werden können mit sehr geringer Aenderung der Einrichtung des Apparates. Es wird aber gerade die Verwendung des passend modificirten Doppelflaschenapparates von besonderem Werthe sein, weil bei diesem Verfahren nicht allein die in Lösung verbleibenden Stoffe, sondern auch das entwickelte Gas vollständig gesammelt und der ganze Stoffwechsel der Verwesung quantitativ verfolgt werden kann. Die Durchleitungsmethode mit dem Einflaschenapparat ist in dieser Hinsicht viel unvollkommener; eine wesentliche Verflüchtigung von Indol, Phenol u. s. w. ist auch bei ihr wohl kaum zu befürchten, da nur der Luftraum ventilirt wird, aber die entwickelten Gase können nur schwierig und ungenau erkannt und bestimmt werden.

Ueber Fäulniß und Verwesung an der Erdoberfläche.

Nicht allein der an der Luft liegende, sondern auch der von Wasser bedeckte Theil der Erdoberfläche in Flüssen, Seen und am Grunde des Meeres ist der Einwirkung des indifferenten Sauerstoffs ausgesetzt, das Innere der Erde scheint aber überall ihm entzogen zu sein, und es muß deshalb, wenn diese Ansicht richtig ist, an jedem Orte der Erdoberfläche eine erkennbare Grenze geben, bis zu welcher der Sauerstoff vordringt. Wenn an den mit Wasser durchfeuchteten oberflächlichen Schichten Processe verlaufen, welche sich mit der Fäulniß,

wie sie oben für die Oberfläche faulender Flüssigkeiten geschildert ist, vergleichen lassen, wird diese Grenze je nach der Temperatur, dem Sauerstoffdruck an der Berührungsfläche und der Quantität des vorhandenen Fermentes variirend bald höher bald tiefer liegen können. Sie wird, alles übrige gleichgesetzt, unter fließendem Wasser, welches mit der Luft in Berührung steht, tiefer liegen als unter stagnirendem, und sie wird bei reichem Gehalte von stagnirendem Wasser an fäulnißfähigen Substanzen in die Wasserschichten über dem Boden hinaufrücken können. An fäulnißfähigen Substanzen fehlt es an der ganzen Erdoberfläche nicht, die Eismeere an den Polen sind reich an Thieren, auch die Wüsten im Innern großer Continente haben ihre Fauna, und Thiere wie Pflanzen verfallen nach ihrem Tode der Fäulniß und Verwesung, wenn nicht Wassermangel dieselben suspendirt oder die Erniedrigung der Temperatur sowohl die Fäulniß mäßigt als auch das Wasser zur Erstarrung bringt.

Die Feststellung der Grenzfläche, bis zu welcher der Sauerstoff der Atmosphäre eindringt, kann an den meisten Orten ohne complicirte Apparate und ohne schwierige Untersuchungen ausgeführt werden; ja soweit, abgesehen von Silicaten, Eisenverbindungen im Boden enthalten sind, genügen der Anblick und einige schnell ausführbare Proben, diese Grenze schnell mit Sicherheit aufzufinden. Die Bildung von Sumpfgas, von Schwefelwasserstoff, Eisencarbonat, Eisensulfüren und an der Luft sich blau färbendem Phosphat characterisirt die Schichten, zu denen Sauerstoff keinen Zutritt hat, während die Bildung von Eisenoxydhydrat nur soweit hinabreicht, als freier Sauerstoff vorhanden ist. Da nun geringe Quantitäten von Eisen an der Erdoberfläche sehr allgemein verbreitet sind, so ist es fast überall leicht, diese Grenze schnell festzustellen.

Man hat oft auf die sehr ausgedehnte Betheiligung nie-

derer Organismen an dem Aufbau geologischer Bildungen und ihrer Umwandlungen, wie sie sich in den Kalkablagerungen der verschiedenen geologischen Epochen zu erkennen geben, aufmerksam gemacht; kaum geringer ist die Einwirkung niederer Organismen auf die chemischen Umgestaltungen, welche die geologischen Formationen in der Nähe der Erdoberfläche erleiden hinsichtlich der Reduction der Eisenverbindungen sowie der Sulfate; ohne Schwierigkeit kann man künstlich in Versuchen diese Processe der Reduction durch niedere Organismen verfolgen und die Einwirkungen des Sauerstoffs auf die Reductionsproducte nachweisen.

Wenn man Sand oder zerriebenen Sandstein, der Eisenoxydhydrat oder, wie der Vogesensandstein, in Salzsäure schwer lösliches Eisenoxyd enthält, in faulenden Flüssigkeiten bei mäßigem oberflächlichen Luftzutritt monatelang stehen läßt, so wird allmälig mehr und mehr Eisen aus dem Sande in die Flüssigkeit aufgenommen, zunächst als Carbonat, theilweise dann als Sulfür niedergeschlagen. Gießt man die schwarz gewordene Flüssigkeit ab und läßt sie bei gutem Luftzutritt stehen, so bilden sich reichliche gelbrothe Niederschläge von Eisenoxydhydrat und basischem Eisensulfat.

Dieser Proceß erfolgt an der Erdoberfläche in großem Maßstabe, ist die Ursache der Entstehung der meisten Eisensäuerlinge und der Bildung zahlreicher Eisenerze, wie Ocker, Schwefelkies, Rasenerz und Sumpferz, indem das zu Oxydul reducirte Eisen als Carbonat (zum Theil wohl auch als Ferrosumphosphat) in Lösung übergeht, bei Gegenwart von Gyps (der zu Schwefelwasserstoff und Calciumcarbonat umgewandelt wird) als Sulfür gefällt wird und sich deshalb häufig unter solchen Verhältnissen bei der Bildung der Petrefacten betheiligt, oder zur Sauerstoffgrenze in Lösung emporgeführt durch Oxydbildung in Rasen- und Sumpferz diese Grenze markirt.

Wenn man in den feuchten thonigen Schlamm von Seen, Sümpfen einsticht, findet man ihn, mag seine Oberfläche grau oder roth oder sonstwie gefärbt sein, wohl immer wenige Millimeter unter der Oberfläche schwarz gefärbt. Läßt man die beim Einstechen neugebildete Oberfläche kurze Zeit der Luft ausgesetzt liegen, so hat sich bald die schwarze Farbe verloren und die neue Oberfläche sieht aus wie die übrige. Es verhält der Schlamm sich hier ähnlich wie ein faules Stück Fleisch, welches an der Oberfläche durch Schwefelmethämoglobin grün gefärbt ist, auf der Schnittfläche zunächst eine dunkelvenöse Färbung zeigt, nach kurzer Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs auf das Hämoglobin an der Schnittfläche des Fleisches bei Gegenwart von Schwefelwasserstoff durch das gebildete Schwefelmethämoglobin die Farbe der übrigen Oberfläche annimmt.

Die Bildung des Weißliegenden unter den an organischen Resten und Metallsulfiden reichen Kupferschiefern des Zechsteins, die des weißen Sandsteins unter dem Lias, der gleichfalls reich an organischen Resten und Schwefelkies ist, die Bildung der grünen Adern in den bunten Mergeln des Keuper, die grangrünen Schichten im bunten Sandstein, des weißen Sandes aus gelbem und rothem Sand in der Nähe von Sümpfen, Torflagern, Misthaufen sind wohl ebenso wie die Schwefelkiesablagerungen in Steinkohle, Braunkohle, Torf auf diese Processe zurückzuführen. Auch die Bildungen gewisser Schichten des braunen Jura sowie der Bohnerze können auf den angedeuteten Umwandlungen beruhen.

Was die Organismen selbst anbelangt, unter deren Einwirkung die beschriebenen Reductionen vollzogen werden, so sind hierüber die bisherigen Untersuchungen noch nicht entscheidend. Es steht allerdings fest, daß die kräftigen Oxydationen, welche bei der Verwesung beobachtet werden, einer besondern Befähigung

und Betheiligung der Organismen nicht bedürfen, da sie von selbst erfolgen, wenn die reducirende Wirkung der Fermente niederer Organismen bei Gegenwart von indifferentem Sauerstoff erfolgt. Besondere Arten von Pilzen, welche Nitrite und Nitrate bilden, wird es also wohl nicht geben. Die Entstehung von Schwefelwasserstoff und Calciumcarbonat aus Gyps und faulender, CO_2 bildender Substanz hat man besonderen Arten von niederen Organismen zugeschrieben. Man hat auch hervorgehoben, daß Sulfate durch Wasserstoff im Entstehungsmoment nicht reducirt würden, insbesondere daß Natriumamalgam wohl schwefeligsaures, aber nicht schwefelsaures Salz reducire. Man kann jedoch den Organismen nicht Kräfte vindiciren, welche diejenigen ihrer Bestandtheile und deren chemischer Umwandlungen übertreffen, sonst gelangt man zur Annahme geheimnißvoller übernatürlicher Kräfte der Organismen. Daß die Reduction von Gyps zu Calciumcarbont und SH_2 in der Natur in großem Maßstabe durch niedere Organismen wirklich geschieht, wird von den Verhältnissen abhängig sein, unter welchen sie leben und wirken; es werden auch wohl nicht viele Arten derselben fähig sein, unter Verhältnissen ihr Leben zu führen, unter denen diese Reductionen geschehen; jedenfalls müssen aber solche Organismen und ihre Keime allgemein verbreitet sein, da es wohl kaum jemals mißlingen wird, künstlich mit faulenden Lösungen von Eiweißstoffen eingeschlossene, nicht zu große Quantitäten Gyps im Laufe von Monaten oder Jahren in Calciumcarbonat und SH_2 umzuwandeln, besonders bei Gegenwart von etwas Eisenoxyd.

Höhere Organismen scheinen die zu diesen Reductionen erforderliche Abwesenheit von freiem Sauerstoff nicht ertragen zu können. Würmer und Larven dringen allerdings in diese sauerstofffreien Schichten tief ein, während aber die Regenwürmer einen Vorrath von disponibelm Sauerstoff im Oxy-

hämoglobin mit sich führen und in ihren offen erhaltenen Canälen stets erneuern können, beim Einlaufen von Wasser in ihre Canäle und das umgebende Erdreich bald an die Oberfläche kommen, scheinen die Larven von Fliegen durch ihre Bewegungen stets sich mit freiem Sauerstoff zu versorgen; sie sterben in eingeschmolzenen faulenden Flüssigkeiten sehr bald, wenn die Temperatur nicht sehr niedrig erhalten wird. Wie wenig höhere Pflanzen im Allgemeinen an ihren Wurzeln die Entfernung des Sauerstoffs ertragen, ist allgemein bekannt; sind die Blumentöpfe nicht porös und überziehen niedere Organismen die Erde und die Poren des Blumentopfes, so sterben in ihnen gezogene Pflanzen bald ab. Dagegen dringen Aroïden, wie Calla palustris und Richardia aethiopica, Nymphäaceen wie Nymphaea alba und Nuphar luteum, einige Gramineen wie Arundo phragmites, Typha und viele andere Sumpfpflanzen mit ihren Stämmen und Wurzeln tief in die schwarzen Schwefelwasserstoff und Sumpfgas entwickelnden Schlammschichten ein. Mehrere mit Richardia aethiopica angestellte Versuche haben mir erwiesen, daß diese Pflanze das Einsetzen in faulende Flüssigkeit lange Zeit erträgt, aber die Versuche haben noch nicht genügende Entscheidung darüber ergeben, ob aus den Wurzeln in ihre Umgebung wirklich, wie es scheint, freier Sauerstoff übergeht.

Von Sumpf- und Wasserpflanzen ist es durch manche practische Erfahrung festgestellt, daß sie reinigend auf das Wasser, in dem sie vegitiren, einwirken. Da nun bekanntlich die Pflanzen außer Kohlensäure, Ammoniak, salpetrigsaurem und salpetersaurem Salz keine durch Fäulniß gebildeten und keine fäulnißfähigen Stoffe in sich aufnehmen und zu ihrem Leben verwerthen, kann diese Einwirkung auf die Fäulniß im Wasser nur entweder darauf beruhen, daß von ihnen etwas ausgeht, was die Fäulniß verändert, oder daß die große Zahl

von niedrigen Thieren, die an ihnen leben, die eigentliche Ursache der Beschleunigung und Aenderung der Fäulnißprocesse sind. Werden solche Wasserpflanzen in nicht sehr verdünnte faulende Flüssigkeiten gebracht, so sterben sie bald ab, in hinreichend stark verdünnten Lösungen kann man sie, z. B. Elodea canadensis, monatelang lebend erhalten, auch in zugeschmolzenen Glasröhren. Ihre ganze Einwirkung scheint auf der Entwickelung von Sauerstoff im Lichte zu beruhen, durch welche reichlichere Bildung niedriger Organismen und Umwandlung der Fäulniß in Verwesung bewirkt wird. Eingehende Untersuchungen in dieser Richtung fehlen noch.

Die Fauna und Flora an, über und unter der Sauerstoffgrenze im Schlamme und im Grundwasser der verschiedenen Kies-, Sand- und Torfböden sind außerordentlich mannigfaltig; es wird aber nicht leicht zu bestimmen sein, welche von ihnen mit dem einen oder andern Ferment versehen sind, welche kräftiger wirken. Jeder schwarze Schlamm von städtischen Kloaken, Flüssen, Seen mit vegetabilischen Resten frei von Sauerstoff eingeschlossen bildet Kohlensäure und Sumpfgas; die Organismen, die man in dem Schlamme findet, sind hauptsächlich Diatomeen, deren zierliche Formen überall das Auge anziehen. Im schwarzen, Schwefeleisen enthaltenden Schlamme liegen sie ruhig und lassen sich auch durch längeren Zutritt von Sauerstoff nicht erwecken; sie scheinen abgestorben zu sein, während in der oberflächlichen grauen oder rothen sauerstoffhaltigen Schlammschichten zahlreiche sich bewegende Diatomeen gefunden werden. Bacterien sind selten deutlich zu finden, Körnchen und Kügelchen in Molecularbewegung zahlreich, aber schwer zu deuten. Ob Diatomeen ebenso wie Bacterien auf fäulnißfähige Stoffe wirken, ist kaum zu bestimmen; wenn es aber auch unklar bleibt, von welchen Organismen die Fermente gebildet werden, welche die Reste organischer Stoffe

spalten und Reductionen am einen und andern Orte veranlassen, jedenfalls sind diese Fermentationen und Reductionen und hiermit die Ursache der Activirung des aus der Luft hinzutretenden Sauerstoffs und der kräftigen Oxydation unzweifelhaft vorhanden überall, wo im Boden organische Reste und Feuchtigkeit sich finden. Auf dem Boden der Meere wird in großen Tiefen die Fäulniß nur langsam verlaufen können, weil nach den ausgeführten Untersuchungen die Temperatur der untersten Meeresschichten selbst in den Tropen eine sehr niedrige ist. Daß dennoch auch hier nur in geringe Tiefe der Sauerstoff eindringt, zeigen mehrere Erfahrungen, z. B. daß Kanonen von untergegangenen Kriegsschiffen, die nach langem Liegen auf dem Meeresboden heraufgezogen wurden, mit Schwefelmetall überzogen waren.

Es ist kaum zu bezweifeln, daß die Beachtung der Verschiedenheit der oberhalb und unterhalb der Sauerstoffgrenzfläche im Boden und Grundwasser verlaufenden Processe sowie die Beobachtung des Steigens und Fallens dieser Grenzfläche mit Aenderungen der Durchfeuchtung, der Temperatur und des Zuströmens fäulnißfähiger Substanzen für die Kenntniß der hygienischen Verhältnisse sehr förderlich sich erweisen wird. Nicht wenige Erfahrungen weisen darauf hin, daß die epidemische Verbreitung von Abdominaltyphus, Cholera, Intermittens in naher Beziehung stehe zu den Vorgängen unter der Sauerstoffgrenze, während andere Infectionskeime, wie die des Milzbrandes, dort ihren Untergang zu finden scheinen.

Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig.